



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Pat ntschrift  
10 DE 196 36 816 C 2

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 04 B 3/28  
B 60 R 16/02  
H 04 B 15/02  
H 03 H 7/00

21 Aktenzeichen: 196 36 816.2-35  
22 Anmeldetag: 11. 9. 1996  
43 Offenlegungstag: 12. 3. 1998  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 1. 2002

DE 196 36 816 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Büchner, Olaf, Dipl.-Ing., 70619 Stuttgart, DE;  
Ludwig, Andreas, Dipl.-Ing., 71364 Winnenden, DE;  
Drechsel, Michael, Dipl.-Ing., 89077 Ulm, DE;  
Erhard, Ralf, Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE; Rall,  
Bernhard, Dipl.-Ing., 89075 Ulm, DE

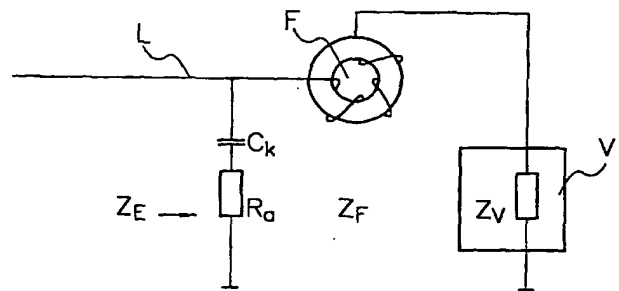
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 1 95 15 668 C1  
CH 1 27 109  
FR 25 76 471  
US 51 01 180  
US 47 43 868  
US 41 04 600

ZINKE, O., VLCEK, A.: Lehrbuch der Hochfrequenz-  
technik.4., neubearbeitete und erweiterte Auflage.  
Berlin (u.a.): Springer-Verlag, 1990, S. 193-194.  
ISBN: 3-540-51421-X.;

54 Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störungen in Fahrzeug-Kabelnetzen

57 Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störungen in Kabelnetzen von Fahrzeugen mit einer Mehrzahl in verzweigten Kabelbündeln (B1) zusammengefaßten Verbindungsleitungen (L, 115, 116) zu Endstelleneinrichtungen (V, 114), die derart ausgestaltet ist,  
a) daß an einer oder mehreren Stellen des Kabelnetzes Schaltungsanordnungen ( $R_a$ ,  $C_k$ ,  $C_R$ ,  $C_H$ ) zwischen einer oder mehreren Leitungen (L, 115, 116) und dem metallischen Fahrzeugaufbau (M) angeordnet sind, welche die Leitungen (L, 115, 116) zumindest annähernd mit ihrem jeweiligen Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) für Hochfrequenz gegen Fahrzeugaufbau (M) abschließen,  
b) daß für Hochfrequenz überwiegend als Blindwiderstände wirkende Endstellen (132, 133, 134) durch Zusatzbeschaltungen mit für Hochfrequenz reellem Impedanzanteil ( $F_R$ ,  $F_K$ ) ergänzt sind, wobei die Zusatzbeschaltungen so auf die Blindwiderstände der Endstellen (V, 114) abgestimmt sind, daß im Hochfrequenzbereich der Störungen ein im wesentlichen reeller Widerstand ( $F_R$  und  $Z_V$ , 121) mit einem dem Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) der Zuleitung zu der jeweiligen Endstelle (V, 114) annähernd gleichem Widerstandswert resultiert, und  
c) daß in für mehrere Endstellen (132, 133, 134) gemeinsame Leitungen zu dem metallischen Fahrzeugaufbau Ferritbauteile (FK) eingeschaltet sind, die bei Hochfrequenz einen den Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) annähernd gleichen Wirkwiderstand in die Leitungen transformieren.



DE 196 36 816 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störungen in Fahrzeug-Kabelnetzen.

[0002] Die Kabelnetze in Fahrzeugen verbinden eine Vielzahl unterschiedlicher Endstellen (Lampen, Instrumente, Schalter, Motoren, Sensoren, Steuergeräte etc.) untereinander und mit zentralen Einrichtungen. Die in Kabelbäumen zusammengefaßten Verbindungsleitungen erfüllen dabei je nach Verbindungsart unterschiedliche Funktionen, insbesondere die der Gleichstromversorgung, der Steuerung und des Datenaustausches.

[0003] Neben dem hierfür dienenden Versorgungsgleichströmen und Nutzsignalen treten in solchen Kabelnetzen aber auch noch hochfrequente Störsignale auf, die im Fahrzeug verursacht oder von außen eingekoppelt werden. Im Frequenzbereich solcher hochfrequenter Störsignale zeigen die Kabelnetze eine Vielzahl von Resonanzfrequenzen (Fig. 4). Bei solchen Resonanzfrequenzen können die Störsignale hohe Spannungs- und Stromwerte erreichen, die zu erheblichen Störungen oder Schäden in empfindlichen Elektronikbaugruppen führen können. Resonanzfrequenzen begünstigen ebenfalls die Abstrahlung von im Fahrzeug entstandenen Störsignaloberwellen.

[0004] In der DE 195 15 668 C1 ist eine Anordnung zur Verminderung solcher Störsignale beschrieben, welche die Ausbildung mindestens eines Absorptions-Stromkreises vorsieht. Ein solcher Absorptionsstromkreis umfaßt einen Leitungsabschnitt in einem Kabelbündel und einen außerhalb des Kabelbündels verlaufenden Rückschluß und enthält Dämpfungsmittel, die für den Frequenzbereich der hochfrequenten Störungen einen Wirkwiderstand bilden.

[0005] Aus der CH 127 109 ist eine Einrichtung zum Schutz von Schwachstromanlagen gegen Beeinflussung durch Starkstromleitungen bekannt, bei welcher ein Kabelbündel mit mehreren Schwachstromleitungen auf einem Abschnitt zusätzlich einen Schutzleiter als Teil eines außerhalb des Kabelbündels geschlossenen Entstörstromkreises aufweist. Der Entstörstromkreis enthält Induktivitäten zur Einstellung bestimmter Phasenbeziehungen. Dieser auf dem sogenannten Reduktionseffekt basierende Entstör-Stromkreis vermindert den Einfluß von in der Nähe verlaufenden Starkstromleitungen. Für den Einsatz zur Entstörung von Kraftfahrzeug-Leitungen ist eine solche Einrichtung nur insoweit geeignet, als die Wellenlänge von einwirkenden Störfeldern groß gegen die Abmessungen des Fahrzeug-Leitungsnetzes ist.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, vorteilhafte Anordnungen zur Verringerung von hochfrequenten Störungen im Fahrzeug-Kabelnetzen anzugeben.

[0007] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und des Patentanspruchs 2.

[0008] Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

[0009] Die Erfindung geht aus von der Erkenntnis, dass Fahrzeug-Kabelnetze auf die Funktion der angeschlossenen Endstelleneinrichtungen (Lampen, Motoren, Sensoren, Steuergeräte etc.) ausgelegt sind und Gesichtspunkte wie die elektromagnetische Verträglichkeit gegenüber hochfrequenten Störsignalen kaum berücksichtigt sind. Die Endstellen sind gegenüber den Zuleitungen, die innerhalb des Kabelnetzes auch uneinheitliche Wellenwiderstände aufweisen, im Regelfall stark fehlangepaßt und stellen für die auf dem Kabelnetz vorhandenen hochfrequenten Signalanteile überwiegend Blindwiderstände dar, an denen ankommende Wellen in das Kabelnetz reflektiert werden.

[0010] Mit den erfindungsgemäßen Anordnungen ist bei geringem Aufwand eine deutliche Reduzierung der hochfrequenten Störungen erreichbar.

quenten Störungen erreichbar.

[0011] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen noch eingehend veranschaulicht. Dabei zeigt.

[0012] Fig. 1 einen schematischen Ausschnitt aus einem Kabelnetz

[0013] Fig. 2 einen Frequenzverlauf der Kabelkopplung innerhalb eines Kabelbündels

[0014] Fig. 3 Impedanz- und Phasenverlauf im Hochfrequenzbereich für eine reale Endstelleneinrichtung

[0015] Fig. 4 Spannungs- und Stromwerte an verschiedenen Positionen eines Kabelnetzes im Hochfrequenzbereich (Resonanzen)

[0016] Fig. 5 eine vorteilhafte Anordnung zur Verringerung von hochfrequenten Störungen

[0017] Fig. 6 das Ersatzschaltbild einer Ferritdrossel

[0018] Fig. 7 den Impedanzverlauf einer Ferritdrossel

[0019] Fig. 8 einen durch eine Beschaltung nach Fig. 5 aus einem Impedanzverlauf nach Fig. 3 gewonnenen angepassten Impedanzverlauf

[0020] Fig. 9 mittels einer Beschaltung nach Fig. 5 reduzierte Spannungs- und Stromwerte

[0021] Fig. 10 Anordnungen mit einer stromkompensierten Ferritdrossel

[0022] Fig. 11 eine Anordnung mit einer leitenden Umhüllung einer Hin- und Rückleitung und einer Ferritdrossel

[0023] Fig. 12 eine Anordnung nach Fig. 11 an zentraler Stelle eines Kabelnetzes

[0024] Fig. 13 eine Anordnung mit einem Ferritbauteil in einer Masseleitung

[0025] Fig. 14 Beschaltungen einer Endstelleneinrichtung ohne und mit Maßnahmen zur Störungsminderung

[0026] Fig. 15 den Leitwertverlauf für die verschiedenen Beschaltungen nach Fig. 14

[0027] Fig. 16 eine Anordnung an einem Steuergerät mit Versorgungsleitungen und Signalleitungen

[0028] Fig. 17 eine weitere Anordnung an einem Steuergerät

[0029] Fig. 18 eine Anordnung mit einem Absorptionskreis

[0030] Fig. 19 eine Leitungsverzweigung mit Absorptionskreisen

[0031] Der in Fig. 1 skizzierte Ausschnitt aus einem Kabelnetz eines Fahrzeugs zeigt ein baumartig verzweigtes Kabelnetz (Kabelbaum) bei welchem sich ein zentraler Abschnitt des Kabelnetzes als Kabelbündel B1 mit einer Vielzahl von Leitungen verzweigt in Kabelbündel B2, B3 die wiederum über weitere Verzweigungen und über Einzeileitungen zu Endstelleneinrichtungen V1 oder V4 mit Stromrückführung über den metallischen Fahrzeugaufbau M, im folgenden auch Fahrzeugmasse genannt, oder über Hin- und Rückleitungen zu weiteren Endstelleneinrichtungen V2, V3 führen. Die realen Kabelnetze in Fahrzeugen sind ungleich komplexer, der Übersichtlichkeit halber ist in Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung gewählt.

[0032] Die Endstelleneinrichtungen sind beispielsweise Lampen, Motoren, Sensoren, Aktuatoren, Ventile, Instrumente, Schalter, elektronische Steuergeräte etc. Neben den Nutzsignalen von und zu den Endstelleneinrichtungen treten auf den Leitungen immer auch Störsignale auf, die teilweise in den elektrischen Einrichtungen des Fahrzeugs selbst entstehen aber auch durch äußere Felder eingekoppelt sein können. Im Gegenzug zur Einkopplung von außen erzeugen auf den Leitungen vorhandene intern erzeugte Störsignale immer auch elektromagnetische Felder, welche auf die Umgebung einwirken und beispielsweise den Rundfunkempfang erheblich beeinträchtigen können. Das Kabelnetz kann in diesem Sinne als eine Sende- und Empfangsantenne be-

trachtet werden. Der Grad der Kopplung zwischen Leitungen und Feldern in der Umgebung ist frequenzabhängig, wobei nach dem Reziprozitätsprinzip Frequenzbereiche für besondere Abstrahlung gleichzeitig auch Bereiche besonderer Einstrahlungsleistungsaufnahme sind. Diese Bereiche sind physikalisch durch Resonanzen gekennzeichnet und die Güte der Resonanzen ist ein Maß für die Einstrahlempfindlichkeit und die Abstrahlstärke. Durch Einfügung einer elektrischen Dämpfung kann die Güte dieser Resonanzen und damit die Kopplung der Leitungen an externe Felder sowohl für Abstrahlung als auch für Einstrahlung verringert werden.

[0033] Die Leitungen erzeugen nicht nur elektromagnetische Felder oder nehmen Leistung aus solchen auf, sondern koppeln auch untereinander bei der Führung in Kabelbündeln. Die Kopplung ist frequenzabhängig und zeigt einen typischen Verlauf wie in Fig. 2 skizziert. Das auf der Ordinate aufgetragene Kopplungsmaß in der gegebenen Skalierung gilt für eine Versuchsanordnung, bei welcher innerhalb eines Kabelbündels ein Kabel als spannungsgespeiste Leitung und ein anderes Kabel als Meßleitung dienen. Der Wert 0 dB wäre gleichbedeutend mit direkter Verbindung der beiden Leitungen, -20 dB bedeutet, daß die Spannung auf der Meßleitung ein Zehntel der Speiseleitungsspannung beträgt. Der Kurvenverlauf zeigt durch das hohe Kopplungsmaß von -6 dB bei Frequenzen ab 2 MHz, daß für hochfrequente Signale ein Kabelbündel wie eine einzige dicke Leitung betrachtet werden kann. Dies ist insbesondere von Bedeutung dahingehend, daß einerseits hochfrequente Störsignale auch auf Leitungen auftreten, die selbst keine Feldkopplung mit äußeren Feldern zeigen. Zum anderen können Dämpfungsmaßnahmen an einer Leitung damit auch auf Störsignale auf nicht direkt gedämpften Leitungen wirken.

[0034] Die der Bestimmung des Koppungsverlaufs zugrunde gelegte Meßschaltung ist in Fig. 2 mit dargestellt. Sie umfaßt eine frequenzdurchstimbare Spannungsquelle  $Q$ , die über einen Quellenwiderstand  $R_Q$  von typischerweise 50  $\Omega$  eine Speiseleitung  $LS$ , die über einen Verbraucher mit einer Impedanz  $Z_2$  mit Masse verbunden ist, mit einer Speisespannung  $U_0$  beaufschlagt. Eine zu der Speiseleitung parallel laufende Meßleitung  $LM$  ist einseitig mit einer Impedanz  $Z_1$  an Masse gelegt. Am anderen Ende der Meßleitung wird über ein Meßinstrument mit 50  $\Omega$  Eingangswiderstand die durch Leitungskopplung induzierte Meßspannung  $U_a$  bestimmt. Das Kopplungsmaß ist definiert als die Dämpfung  $a_k = 20 \lg (2U_a/U_0)$  in Dezibel (dB). Die Werte von  $Z_1$  und  $Z_2$  sind weitgehend beliebig.

[0035] Der Frequenzverlauf der Leitungskopplung nach Fig. 2 zeigt weiterhin, daß die Ausbreitung von Störungen über das Kabelnetz für Störsignale mit Frequenzen unterhalb 50 kHz vernachlässigbar ist.

[0036] Als Maß für auf den Leitungen vorhandene Störsignale können hochfrequente Ströme auf den Leitungen und Spannungen auf den Leitungen gegen Fahrzeugmasse gemessen werden wie in Fig. 1 für die Verbindungsleitung zur Endstelleneinrichtung V4 als Strom  $I_4$  und Spannung  $U_4$  eingetragen.

[0037] Aus der Leitungstheorie ist bekannt, daß leerlaufende oder kurzgeschlossene Leitungen Resonanzen hohe Güte haben, während Leitungsabschlüsse, die annähernd gleich dem Wellenwiderstand der Leitung sind, nur einen geringen Teil der auf der Leitung ankommenden Leistung reflektieren und kaum Resonanzüberhöhungen auf der Leitung verursachen. Noch bei einer relativen Fehlanpassung von 30% der Anschlußimpedanz gegen den Wellenwiderstand der Leitung werden weniger als 10% der Leistung reflektiert. Die gegen Fahrzeugmasse gemessenen Wellenwiderstände der Leitungen im Kabelnetz eines Fahrzeugs lie-

gen bedingt durch die Art der Verlegung entlang des metallischen Fahrzeugaufbau typischerweise im Bereich von 80–200  $\Omega$ . Eine Untersuchung der Endstelleneinrichtungen ergibt, daß deren gegen Fahrzeugmasse gemessene Eingangsimpedanzen an den Anschlüssen für die Leitungen des Kabelnetzes für Hochfrequenz starke Fehlanpassung bezüglich der Leitungswellenwiderstände zeigen und insbesondere über weite Bereiche für Hochfrequenz weitgehend als Blindwiderstände wirken. Als Beispiel ist in Fig. 3 für einen Gebläsemotor über der Frequenz der Betrag  $|Z|$  und der Phasenwinkel  $\theta$  der komplexen Eingangsimpedanz  $Z$  aufgetragen. Charakteristisch ist die bei vielen Typen von Endstelleneinrichtungen beobachtbare starke Variation der Impedanz über den Frequenzbereich mit Leerlaufbereichen und Kurzschlußbereichen, sowie Bereichen mit stark kapazitivem oder stark induktivem Verhalten.

[0038] Die Vielfalt der Leitungsgeometrien und der Endstellenimpedanzen führt in einem realen Kabelnetz zu einer Vielzahl von Resonanzen im Bereich hochfrequenter Störungen mit innerhalb des Kabelnetzes deutlicher Variation. Fig. 4(A) zeigt den Frequenzverlauf der Spannung an verschiedenen Meßpunkten, z. B. Verzweigungen oder Endstellenanschlüssen innerhalb eines Kabelnetzes. Gleiche Kurvenmarkierungen sind derselben Meßposition zuzuordnen. In Fig. 4(B) sind die zugehörigen Frequenzverläufe der Ströme an diesen Meßstellen dargestellt. Die Spannungen können in realen Kabelnetzen Werte von mehr als 100 Volt, die Ströme Werte von mehr als 1 Ampere erreichen.

[0039] Die Fig. 5 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Anordnung, bei welchem zwei Maßnahmen vorteilhaft kombiniert sind. Eine Zuleitung  $L$  zu einer Endstelleneinrichtung  $V$  ist mit einer Serienschaltung einer Kapazität  $C_k$  und eines ohmschen Widerstands  $R_a$  gegen Fahrzeugmasse abgeschlossen. Eine Ferritdrossel  $F$  im weiteren Leitungsverlauf zu der Endstelle  $V$  ist so gewählt und eingebaut, daß sie für Hochfrequenz eine gegenüber  $R_a$  hohe Impedanz  $Z_F$  in der Leitung bewirkt. Die Impedanz  $Z_V$  der Endstelle, die wie in Fig. 3 skizziert über den betrachteten Hochfrequenzbereich stark variieren kann, ist durch die Ferritdrossel hinreichend von dem durch das RC-Glied bestimmten Leitungsabschluß isoliert und beeinflußt die gesamte von der Leitung  $L$  her geschene Anschlußimpedanz  $Z_e$  nicht wesentlich.

[0040] In Fig. 6 ist das Ersatzschaltbild für die Wirkung einer Ferritdrossel skizziert, welches aus einer Parallelschaltung einer Induktivität  $FL$ , eines ohmschen Widerstands  $FR$  und eines RC-Glieds  $FRC$  besteht. Der typische gemessene Impedanzverlauf einer Ferritdrossel nach Betrag  $|Z_F|$  und Phasenwinkel  $\theta_F$  ist beispielhaft in Fig. 7 über der Frequenz  $f$  bis 200 MHz dargestellt. Die Impedanzwerte und deren Frequenzverlauf können im Detail durch die Geometrie der Drosselanordnung und Wahl des Ferritmaterials beeinflusst werden. Die mit  $|Z_F|$  und  $\theta_F$  bezeichneten Kurven stellen den Impedanzverlauf der in Fig. 6 skizzierten Ersatzschaltungen dar.

[0041] Der Widerstandswert der Kapazität  $C_k$  in Fig. 5 sei für Hochfrequenz vernachlässigbar gegenüber dem ohmschen Widerstand,  $R_a \gg 1/\omega C_k$ , sperre für Gleichstrom und niederfrequente Nutzsignale aber den Abschlußpfad gegen Fahrzeugmasse.

[0042] Die sich für die Anordnung nach Fig. 5 insgesamt ergebende Impedanz  $Z_e$  ist für  $R_a = 150 \Omega$ ,  $R_F$  nach Fig. 7 und  $Z_V$  nach Fig. 3 nach Betrag und Phasenwinkel in ihrem Frequenzverlauf in Fig. 8 dargestellt. Durch den nur noch geringen Phasenwinkel  $|\theta_e| < 20^\circ$  ist die Leitung für Hochfrequenz annähernd mit einer reellen Impedanz abgeschlossen, deren Betrag zwischen 90  $\Omega$  und 145  $\Omega$  variiert, was z. B. ein guter Abschluß für eine Leitung mit einem Wellen-

widerstand  $Z_0 \approx 115 \Omega$  wäre. In Anbetracht der krassen Fehlanpassung der ungeschalteten Endstelle mit einem Impedanzverlauf nach Fig. 3 ist auch für Wellenwiderstände von  $100 \Omega$  bis  $150 \Omega$  der in Fig. 8 skizzierte Impedanzverlauf als erhebliche Verbesserung zu werten. Es sind daher mit einer Anordnung der in Fig. 5 skizzierten Art auch bei nur ungefährender Anpassung und damit mit geringem Aufwand gute Ergebnisse zu erzielen.

[0043] In Fig. 9 sind die der Fig. 4 entsprechenden Spannungs- und Stromverläufe nach Einbau einer Anordnung nach Fig. 5 bei den jeweiligen Meßpunkten in gleicher Skalierung dargestellt. Die drastische Verringerung der Hochfrequenz-Störsignale ist offensichtlich, obwohl für alle Abschluß-Schaltungsanordnungen ohne Berücksichtigung der im Regelfall unterschiedlichen Leitungs-Wellenwiderstände an verschiedenen Leitungspositionen einheitlich  $R_a = 150 \Omega$  eingesetzt wurde.

[0044] Die in Fig. 5 in Kombination skizzierten Teilanordnungen der Wellenwiderstandsanpassung über  $R_a$  oder der als hochohmige Trennstelle für Hochfrequenz wirkenden Ferritdrossel können auch vorteilhaft einzeln eingesetzt sein, wenn die beschriebene Wirkungskombination nicht benötigt ist. Insbesondere kann die Ferritdrossel in Alleinstellung dazu dienen, hochfrequente Störsignale des Kabelnetzes von empfindlichen elektronischen Endstelleneinrichtungen fernzuhalten.

[0045] Für Endstelleneinrichtungen, die in ihrer Funktion einen niedrigen Gleichstromwiderstand und damit einen hohen Gleichstrom auf der Zuleitung aufweisen wie z. B. Scheinwerfer, kann die in Fig. 5 skizzierte Anordnung u. U. wegen der Sättigung der Ferritdrossel ungeeignet sein. Für solche Fälle ist, auch auf grund von häufig auftretenden Problemen bei der Fahrzeugmasse-Rückleitung, der Anschluß der Endstelle über eine Hin (LH)- und eine Rückleitung (LR) zweckmäßig wie in Fig. 10 skizziert. Zur Verringerung der hochfrequenten Störungen werden dann Hin- und Rückleitung durch die Ferritdrossel FK geführt, die damit bezüglich des auf den beiden Leitungen gegensinnigen Verbrauchergleichstroms IO stromkompensiert ist. Lediglich bei Ein- oder Ausschaltvorgängen ist ein Ladestrom für eine Schaltkapazität  $C_s$  des Verbrauchers gegen Fahrzeugmasse zu beachten, der aber zum Regelfall gering ist gegen IO. Demgegenüber treten aufgrund der hohen Kabelkopplung die hochfrequenten Störsignale als Gleichtaktsignale auf beiden Leitungen in Erscheinung und die Drossel wirkt auf beiden Leitungen als hochohmiger Hochfrequenzwiderstand. Eine Wellenwiderstandsanpassung der in Fig. 5 skizzierten Art über ein RC-Glied wird dann vorteilhafterweise für beide Leitungen vorgenommen, wobei ein einziger mit beiden Leitungen über je eine Kapazität  $C_R$ ,  $C_H$  verbundener Abschlußwiderstand ausreicht.

[0046] Als Alternative zur Verbindung beider Leitungen LH und LR über ein RC-Glied gegen Fahrzeugmasse kann wie in Fig. 11 dargestellt eine elektrisch leitende Umhüllung U eng um beide Leitungen gelegt sein, die für Hochfrequenz wieder eng mit den Leitungen gekoppelt ist, und ein Abschlußwiderstand  $R_a$  zwischen die Umhüllung U und die Fahrzeugmasse geschaltet sein.

[0047] Die Anzahl der einzelnen Schaltungsanordnungen zum angenähert wellenwiderstandsangepaßten Abschluß von Leitungen kann wesentlich verringert werden, wenn an zentraler Stelle des Kabelnetzes mittels einer Ferritdrossel kleinere Abschnitte des Kabelnetzes vom Hauptteil bezüglich Hochfrequenz vom zentralen Hauptteil des Kabelnetzes getrennt werden. Dies kann insbesondere sinnvoll sein, wenn die Endstellen in den abgetrennten Teilen unempfindlich gegen Hochfrequenzstörungen sind oder wenn die Geometrie der abgetrennten Teile in sich keine Resonanzfre-

quenzen im störenden Hochfrequenzbereich zeigt. Störungen bei Frequenzen oberhalb 1 GHz werden im Regelfall bereits durch die Dämpfungswirkung der Kabel selbst stark unterdrückt. In Fig. 12(A) und (B) ist eine Anordnung mit einer Ferritdrossel aus zwei zusammengesetzten E-Kernen in zwei Ansichten dargestellt, die z. B. an einen zentralen Kabelbündel (B1 in Fig. 1) vor weiteren Verzweigungen des Kabelbaums angeordnet ist. Das zentrale Kabelbündel ist in der skizzierten Anordnung wieder durch eine gegen Fahrzeugmasse wellenwiderstandsangepaßte leitende Umhüllung U1 entstört. Durch die starke Kopplung der Leitungen des Kabelbündels B1 untereinander und mit der Umhüllung treten auf allen Leitungen und der Umhüllung im wesentlichen die gleichen Störsignale auf, die durch den Abschlußwiderstand  $R_a$  dann gedämpft werden.

[0048] Für die Ausführung von Anordnungen nach Fig. 11 oder 12 kann die leitende Umhüllung beispielsweise bei der Verlegung des Kabelnetzes als flaches Band unter die Leitungen bzw. Kabelbündel eingefügt und um die Leitungen herumgelegt und eingebunden werden. Die Kapazität  $C_k$  ist hinsichtlich ihrer in der Anordnung nach Fig. 10 wesentlichen Niederfrequenz- und Gleistrom-Sperrfunktion in den Anordnungen nach Fig. 12 eigentlich wie in Fig. 11 skizziert entbehrlich. Zur Verhinderung von Gleichströmen aufgrund von Potentialversatz, z. B. aufgrund elektrochemischer Potentiale kann aber auch in den Anordnungen nach Fig. 11 und 12 die Reihenschaltung eines Sperrkondensators mit  $R_a$  vorteilhaft sein. Die Ferritdrosseln können als geschlossene Ringe oder als gespaltene und zusammengesetzte Ferritkörper, z. B. E-Kerne oder Rohrkern ausgeführt sein. Da grundsätzlich Kern und Windung vertauschbar sind, kann eine Drossel auch durch einen gewundenen Ferritkörper auf einem gestreckten oder gebogenen Kabelbündel realisiert sein.

[0049] Die Ferritkörper selbst sind bedingt durch die Sprödigkeit des Materials häufig scharfkantig. Um Störungen durch verletzte Kabel zu vermeiden werden die Kanten der Ferritkörper im Bereich der Kabel vorteilhafterweise abgerundet. Die Ferritkörper können zur Kantenabrundung auch ganz oder teilweise kunststoffbeschichtet sein.

[0050] Die Ferritkörper werden vorteilhafterweise erschütterungsbeständig mit den Kabelbündeln und dem Fahrzeugaufbau verbunden um konstante elektrische Hochfrequenzeigenschaften sicherzustellen und Beschädigungen an Kabeln und Ferritkörpern möglichst zu vermeiden. Hierfür werden die Ferritkörper beispielsweise auf den Kabelbündeln durch Schrumpfschläuche oder mittels Klebe- oder Gießverbindungen fixiert und am Fahrzeugaufbau mit Klammern, Ringschellen oder dergleichen befestigt.

[0051] In Fig. 13 ist eine weitere Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störsignale skizziert, bei welcher ein Ferritkern über eine für mehrere Verbraucher 132, 133, 134 gemeinsame Masserrückleitung gelegt ist. Der Ferritkern ist so dimensioniert, daß er bei Hochfrequenz einen Wirkwiderstand in der Masserrückleitung zur Absorption von Störsignalen bewirkt. Die Masserrückleitung kann vorteilhafterweise auch metallische Befestigungsmittel, z. B. Befestigungsschrauben einschließen.

[0052] Elektronische Steuergeräte weisen häufig eine Mehrzahl von Eingangsanschlüssen auf, die üblicherweise an den Eingangsklemmen mit Kapazitäten von typischerweise 1 nF gegen ein internes Bezugspotential, z. B. das negative Versorgungspotential beschaltet sind. Für Ausführungen von solchen Steuergeräten, die nicht in Metallgehäuse integriert sind oder bei denen ein umgebendes Metallgehäuse nicht mit dem internen Bezugspotential verbunden ist, sind in Fig. 14 vorteilhafte Anordnungen zur Verminderung von Hochfrequenzstörungen skizziert.

[0053] Fig. 14(A) zeigt ein Steuergerät 114 mit symbolisch eingezeichneten Zuleitungen 115, 116 als Hin- und Rückleitungen. Es erfolgt keine Stromkreisrückführung über die Fahrzeugmasse M. Die Anordnung besitzt eine Eigenkapazität 117 gegen Fahrzeugmasse. Für die Untersuchung von Störungen und Entstörungsmaßnahmen wurde eine 3 m lange Zuleitung gewählt. Für den Wellenwiderstand der Leitungen 115, 116 wird ein Wert von  $Z_0 = 113 \Omega$  angenommen wie in Fig. 14B für Gleichtaktsignale auf den dann zusammengefaßt behandelbaren Leitungen 115, 116 skizziert. Zur Erläuterung der Resonanzeigenschaften der Anordnung wird in Fig. 15 die Darstellung mit dem komplexen Leitwert  $Y = 1/Z$  gewählt, wobei die Betrachtungen auf den Betrag des Leitwerts beschränkt werden.

[0054] Die Anordnung zeigt bei nicht zusätzlich beschaltetem Steuergerät nach Fig. 14(B) gemäß Kurve zu  $|Y_1|$  in Fig. 15 einen über der Frequenz periodisch variierenden Leitwert, der um mehr als eine Zehnerpotenz von dem idealen Leitwert  $1/Z_0 = 1/113 \Omega = 8,85 \text{ mS}$  für Wellenwiderstandsanpassung abweicht. Die Höhe des Betragsmaximums ist ein Maß für die bei einer Resonanzfrequenz umgesetzte Leistung. Die Leistung wird dabei in der Anordnung z. B. in Form dielektrischer Verluste verbraucht oder als elektromagnetisches Feld abgestrahlt. Hauptziel von Entstörungsmaßnahmen ist der Abbau von Leistungsspitzen. Eine in Fig. 14(C) skizzierte Maßnahme, bei welcher der Kapazität 117 eine Serienschaltung einer Induktivität 119 und eines ohmschen Widerstands 118 parallel geschaltet sind, führt zu einem Eingangsleitwert  $Y_2$  der in einem unteren Hochfrequenzbereich bis ca. 50 MHz eine wesentliche Verbesserung bewirkt, zu höheren Frequenzen hin sich aber dem Verlauf des ursprünglichen Leitwerts  $Y_1$  annähert. Für die Dimensionierung der Bauelemente gilt zumindest angenähert  $R = Z_0$  und  $L = C \cdot R^2$ .

[0055] Bei einer in Fig. 14(D) skizzierten Anordnung sind die Anschlußleitungen in einer oder mehreren Windungen durch einen Ferritkern geführt, der einen Wirkwiderstand in die Leitung transformiert, und der Kapazität 117 ist ein ohmscher Widerstand 118, der ungefähr gleich dem Wellenwiderstand  $Z_0$  ist, parallel geschaltet. Der Ferritkern ist so dimensioniert, daß der bewirkte Widerstand ungefähr gleich dem Wellenwiderstand  $Z_0$  ist.

[0056] Da die Zuleitungen zu einem Steuergerät neben wenigen Versorgungsleitungen eine Mehrzahl von Steuerleitungen umfassen, sieht eine vereinfachte Ausführung nach Fig. 16 vor, lediglich die Versorgungsleitungen so durch einen Ferritring 122 zu führen, daß sich die Gleichstromanteile kompensieren und die Versorgungseingänge damit hochohmig erscheinen.

[0057] Für niedrige Kapazitäten 117 des Steuergeräts gegen Fahrzeugmasse kann nach Fig. 17 eine Ferritperle 121 parallel zu der Kapazität den Wellenwiderstandsabschluß bilden. Um Gleichströme bei einem eventuellen Potentialversatz gegen Fahrzeugmasse zu unterdrücken, kann ein Sperrkondensator 123 vorgesehen sein.

[0058] In Fig. 18 ist die an sich bekannte Maßnahme der Störsignaldämpfung mittels eines Absorptionskreises aufgegriffen, die aus der eingangs genannten DE 195 15 668 C1 bekannt ist. Aus einem Abschnitt eines Kabelbündels 200 mit mehreren Leitungen bilde eine Leitung 202 einen Teil eines außerhalb des Kabelbündels, z. B. über Fahrzeugmasse geschlossenen Absorptionsstromkreises, der Dämpfungsmittel mit Wirkwiderständen 203 enthält. Durch ihre Lage im Kabelbündel besitzt die Leitung 202 zu den übrigen Leitungen eine Kapazität und gemeinsam mit den übrigen Leitungen des Kabelbündels eine Induktivität in der Masse-schleife des Bündels.

[0059] Man kann diesen Zustand mit einem Wellenwider-

stand gegen das Bündel 200 modellieren, der z. B.  $Z_0 = 100 \Omega$  betragen kann und in der Modellierung von Fig. 15 verwendet wurde. An beiden Enden der Schleife 202 sind zwischen dem Masseanschluß und dem Kabelbündel Ferritrohrkerne über den Leiter 202 geschoben, die einen Widerstand 203 beim Stromdurchfluß in den Leiter 202 hineintransformieren, als wäre er aufgeschnitten und eine Ersatzschaltung eines Ferritkerns (siehe Fig. 6) zwischen die Enden gelötet. Beispielsweise betrüge für das Ersatzschaltbild von Fig. 6 die Induktivität  $3,3 \mu$ , der Parallel-Widerstand  $147 \Omega$ , und im RC-Glied der Kondensator  $166 \text{ pF}$  und der Widerstand  $120 \Omega$ .

[0060] In den Fahrzeugen werden oft Masseleitungen an mehreren Stellen im Fahrzeug mit dem Fahrzeugrahmen verbunden. Wenn über diese Abzweigleitungen passende Ferritrohrkerne geschoben werden entsteht ein Absorptionsnetz mit mehreren Ableitungen gegen den Rahmen. In den Wirkwiderständen wird die Energie vernichtet, wenn in der Schleife 202 Strom fließt.

[0061] Fig. 19 zeigt ein solches Absorptionsnetz für eine Kabelnetzverzweigung mit Impedanzen 203 an den Masseanschlüssen. Im Zentrum der Verzweigungen wird lediglich ein für mehrere Absorptionsschleifen gemeinsamer Abschlußwiderstand benötigt.

[0062] Der besondere Vorteil der Erfindung besteht in der Einbindung von Hochfrequenz Gesichtspunkten in die Fahrzeugelektronik, ihre in Teilbereichen vorausberechenbare Wirkung, die Verwendung preisgünstiger Zusatzbauelemente (Ferritrohrkerne) ohne die Notwendigkeit radikaler Änderungen in der Aufbau- und Verdrahtungstechnologie, ihre leichte Prüf- und Überwachbarkeit und ihre auch für Laien verständliche Wirkungsweise.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störungen in Kabelnetzen von Fahrzeugen mit einer Mehrzahl in verzweigten Kabelbündeln (B1) zusammengefaßten Verbindungsleitungen (L, 115, 116) zu Endstelleneinrichtungen (V, 114), die derart ausgestaltet ist,

a) daß an einer oder mehreren Stellen des Kabelnetzes Schaltungsanordnungen ( $R_a$ ,  $C_k$ ,  $C_r$ ,  $C_h$ ) zwischen einer oder mehreren Leitungen (L, 115, 116) und dem metallischen Fahrzeugaufbau (M) angeordnet sind, welche die Leitungen (L, 115, 116) zumindest annähernd mit ihrem jeweiligen Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) für Hochfrequenz gegen Fahrzeugaufbau (M) abschließen,

b) daß für Hochfrequenz überwiegend als Blindwiderstände wirkende Endstellen (132, 133, 134) durch Zusatzbeschaltungen mit für Hochfrequenz reellem Impedanzanteil ( $F_R$ ,  $FK$ ) ergänzt sind, wobei die Zusatzbeschaltungen so auf die Blindwiderstände der Endstellen (V, 114) abgestimmt sind, daß im Hochfrequenzbereich der Störungen ein im wesentlichen reeller Widerstand ( $F_R$  und  $Z_v$ , 121) mit einem dem Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) der Zuleitung zu der jeweiligen Endstelle (V, 114) annähernd gleichem Widerstandswert resultiert, und

c) daß in für mehrere Endstellen (132, 133, 134) gemeinsame Leitungen zu dem metallischen Fahrzeugaufbau Ferritbauteile (FK) eingeschaltet sind, die bei Hochfrequenz einen den Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) annähernd gleichen Wirkwiderstand in die Leitungen transformieren.

2. Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Stö-

rungen in Kabelnetzen von Fahrzeugen mit einer Mehrzahl in verzweigten Kabelbündeln (B1) zusammengefaßten Verbindungsleitungen (L, 115, 116) zu Endstelleneinrichtungen (V, 114), die derart ausgestaltet ist,

- a) daß an einer oder mehreren Stellen des Kabelnetzes Schaltungsanordnungen ( $R_a$ ,  $C_K$ ,  $C_R$ ,  $C_H$ ) zwischen einer oder mehreren Leitungen (L, 115, 116) und dem metallischen Fahrzeugaufbau (M) angeordnet sind, welche die Leitungen (L, 115, 116) zumindest annähernd mit ihrem jeweiligen Wellenwiderstand ( $Z_E$ ) für Hochfrequenz gegen Fahrzeugaufbau (M) abschließen,
  - b) daß in Kabelbündel oder einzelne Verbindungsleitungen (L, 115, 116) Ferritdrosseln (F, FK, 121, 122) eingebaut sind, welche für Hochfrequenz einen gegenüber dem Wellenwiderstand der Leitungen hohen Widerstand bewirken.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kabelbündelabschnitt von einer elektrisch leitenden Hülle (U, U1) umgeben ist und die Hülle (U, U1) wellenwiderstandsangepaßt gegen den metallischen Fahrzeugaufbau abgeschlossen ist.
  4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich mindestens ein Absorptionsstromkreis vorgesehen ist, der einen Leitungsabschnitt in einem Kabelbündel und einen außerhalb des Kabelbündels verlaufenden Rückschluß umfaßt und Dämpfungsmittel enthält, die für den Frequenzbereich der hochfrequenten Störungen einen Wirkwiderstand bilden.
  5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die den Wellenwiderständen  $Z_{oi}$  annähernd gleichen Widerstandswerte  $R_i$  im Bereich  $0,6 Z_{oi} < R_i < 1,7 Z_{oi}$  liegen.
  6. Anordnung nach Anspruch 2, gekennzeichnet, durch für Versorgungsleitungen stromkompensierte Einschaltung der Ferritdrosseln.
  7. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ferritdrosseln so im Kabelnetz eingebaut sind, daß der Kabelnetzabschnitt auf der einen Seite der Einbaustelle keine Resonanzfrequenz unterhalb von 100 MHz zeigt und der Kabelnetzabschnitt auf der anderen Seite der Einbaustelle annähernd wellenwiderstandsangepaßt abgeschlossen ist.
  8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Ferritdrosseln bei Endstelleneinrichtungen eingebaut sind.
  9. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eingesetzten Ferritbauteile im Bereich der Kabelbündel oder Leitungen gerundete Kanten aufweisen.
  10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 9, gekennzeichnet durch gespaltene Ferritkörper als Ferritbauteile.
  11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ferritbauteile erschütterungsfest mit den Leitungen bzw. Kabelbündeln und/oder dem Fahrzeugaufbau verbunden sind.

---

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

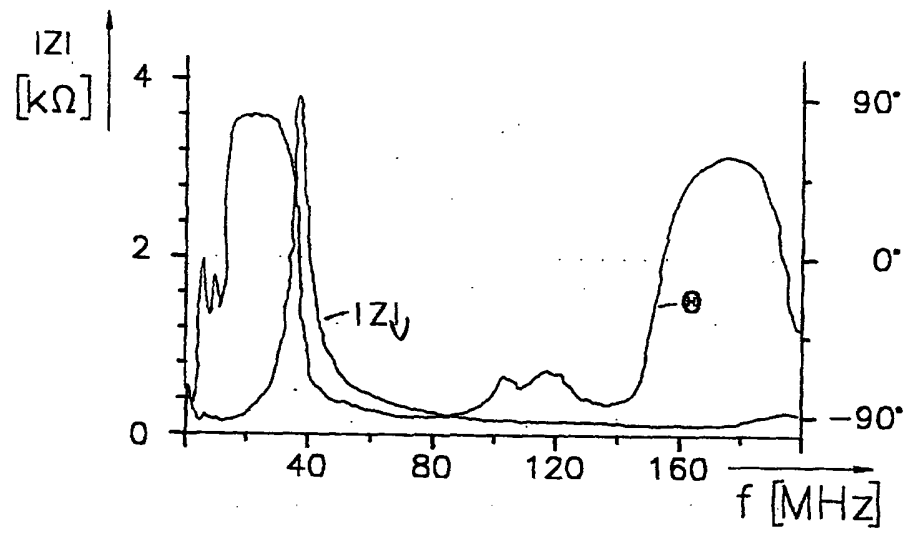


Fig.3

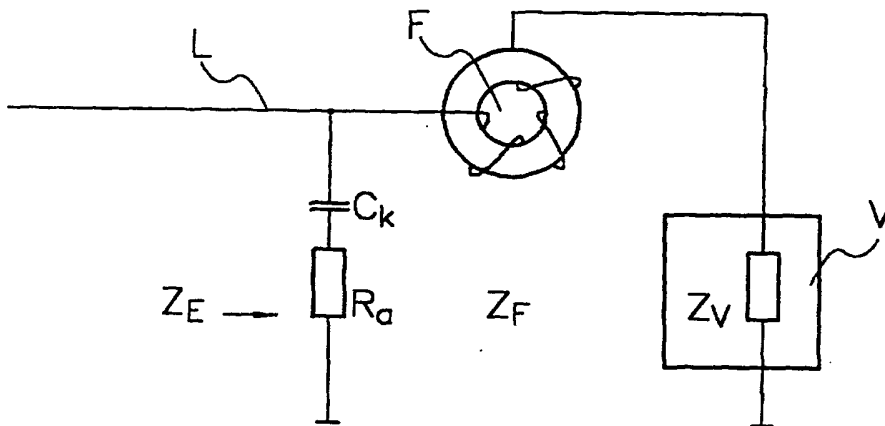


Fig.5



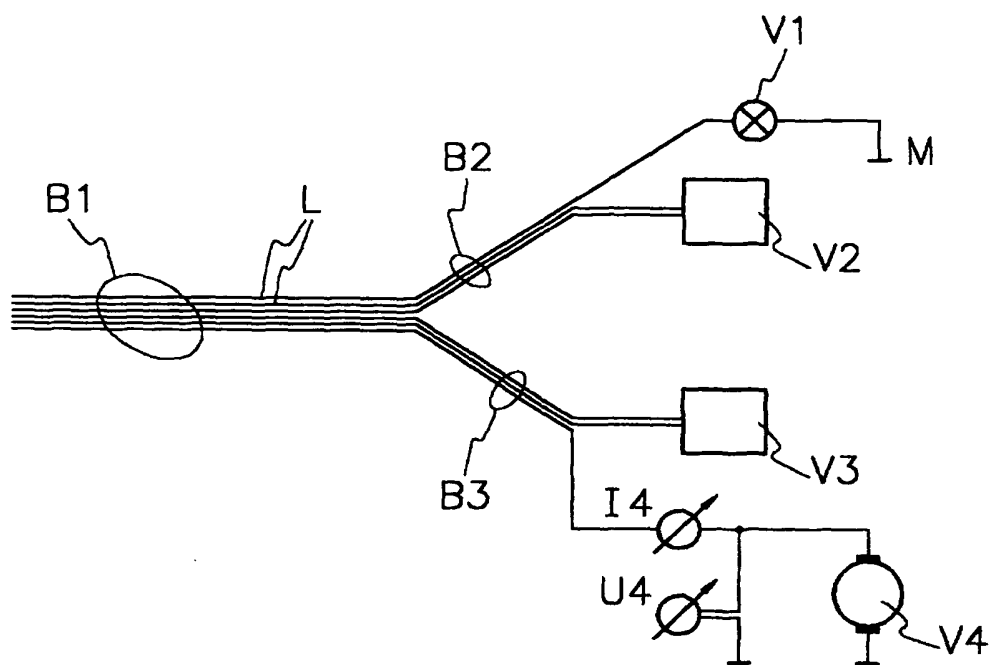


Fig.1

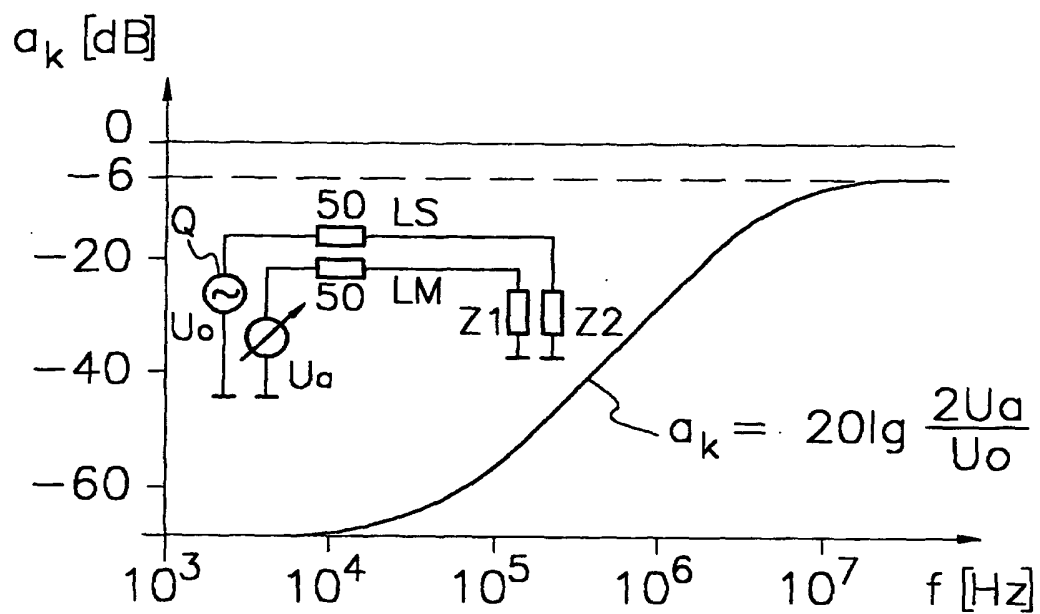


Fig.2

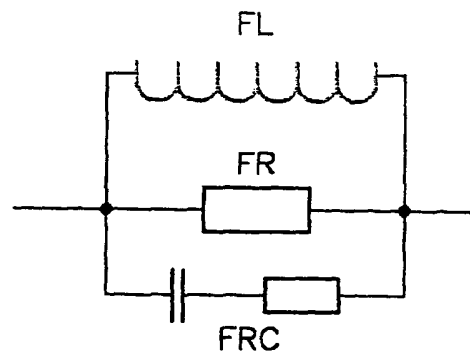


Fig.6

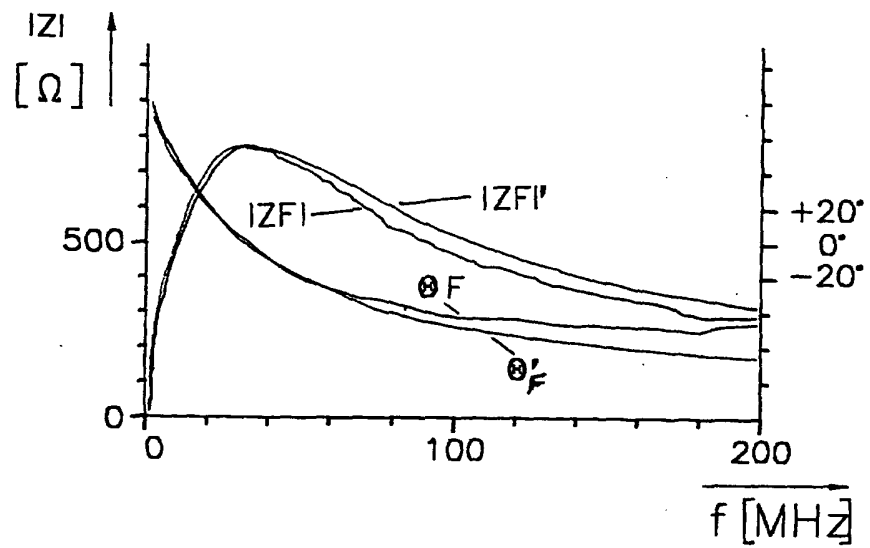
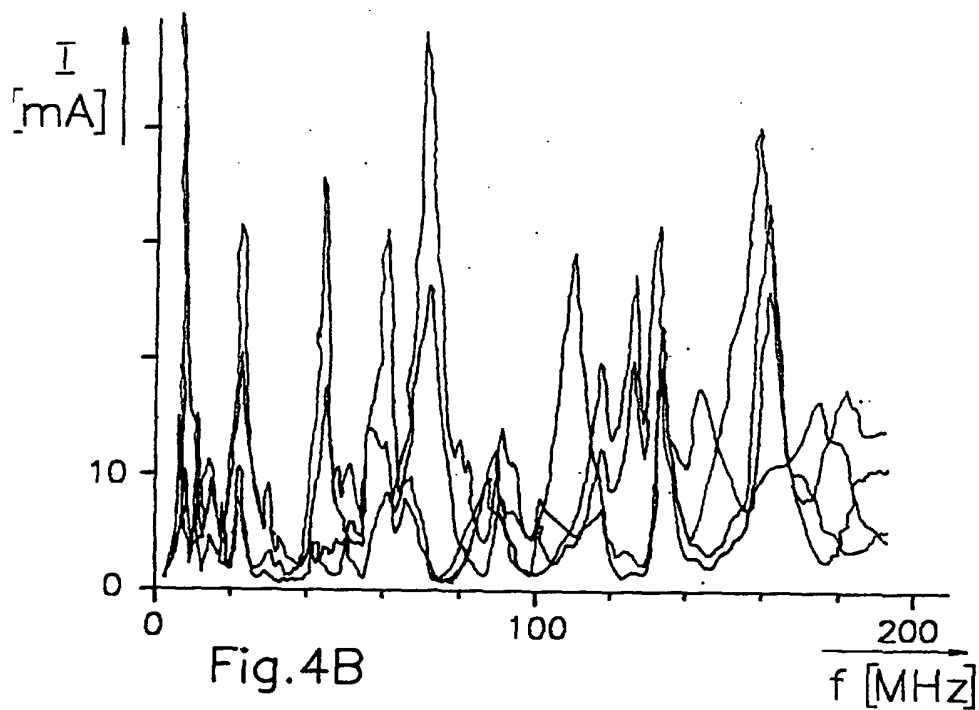
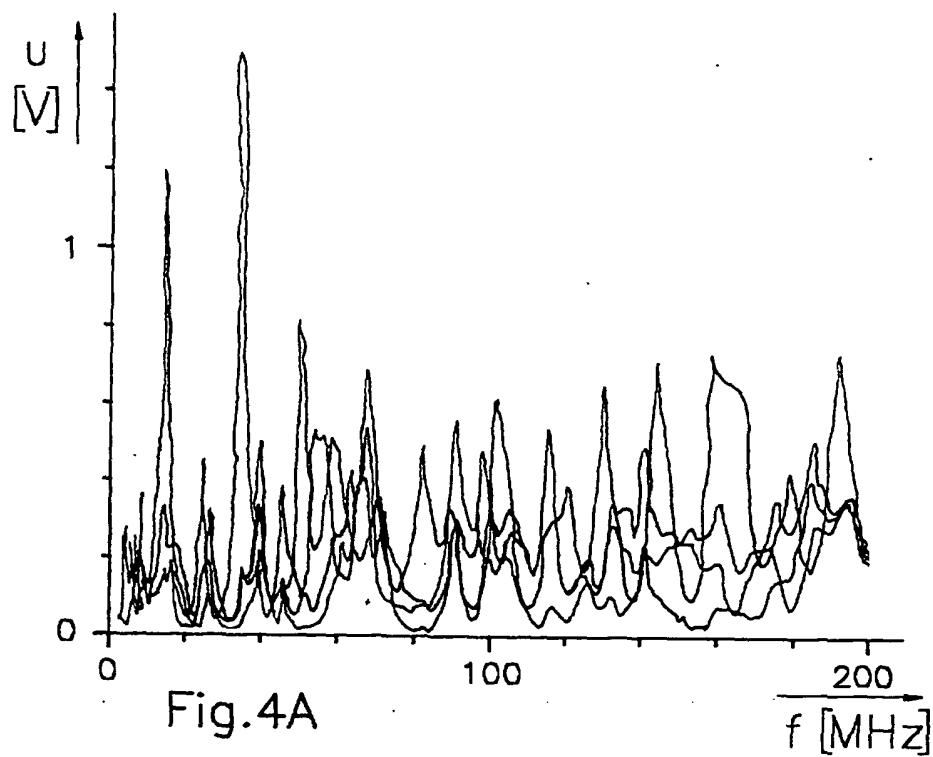


Fig.7



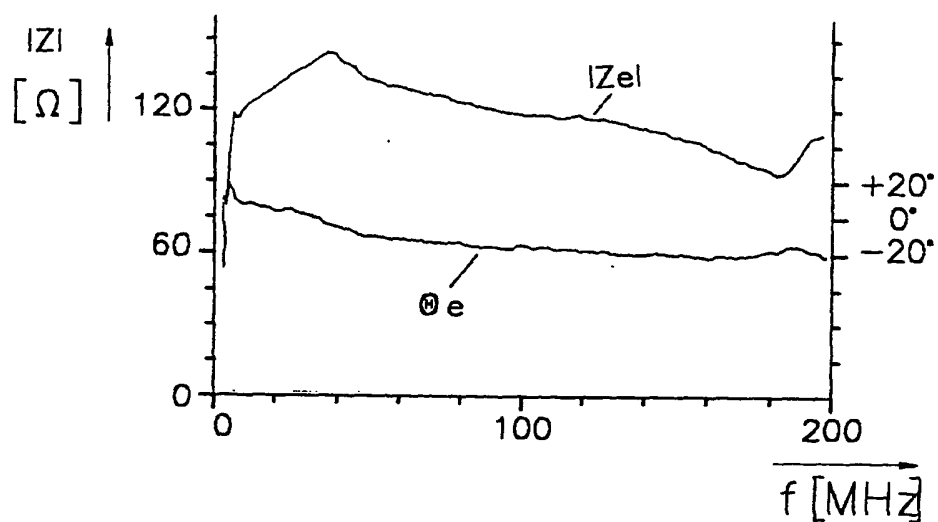


Fig.8

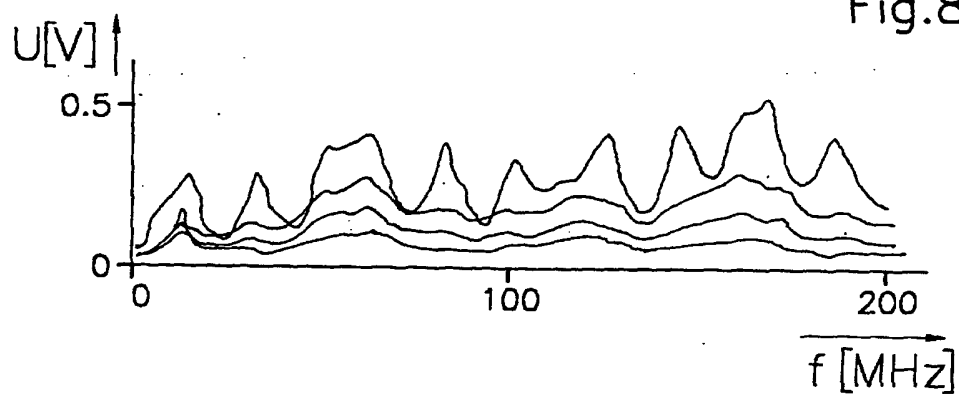


Fig.9A

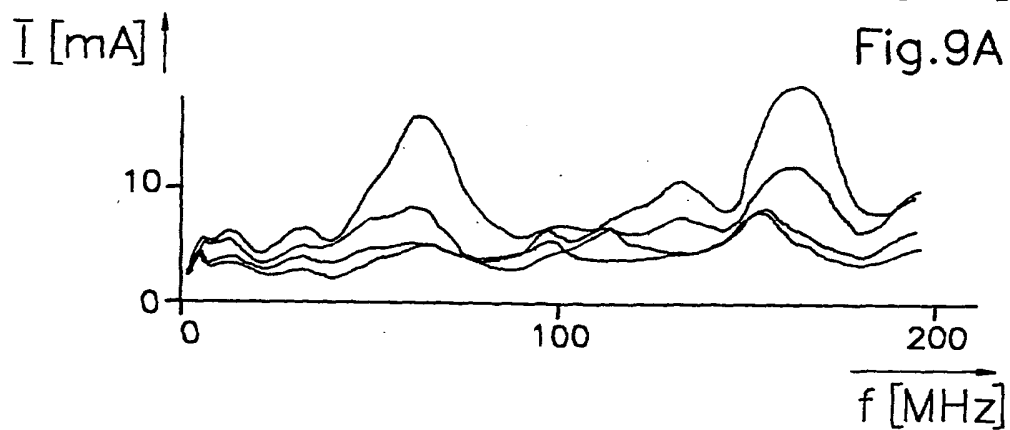
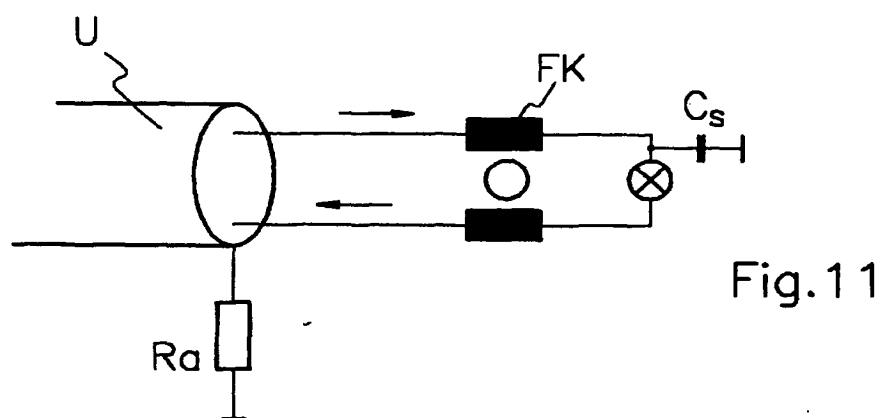
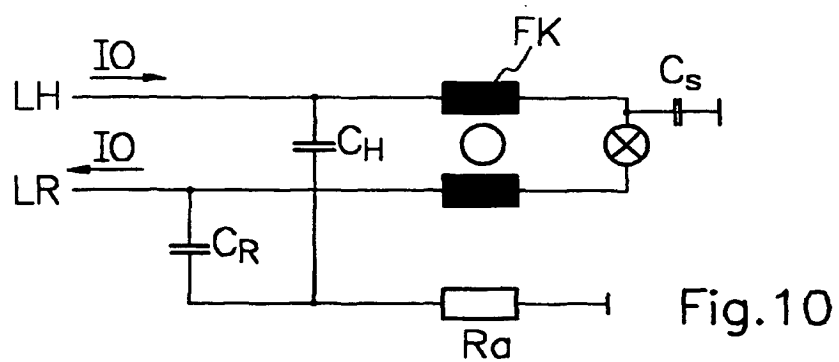


Fig.9B



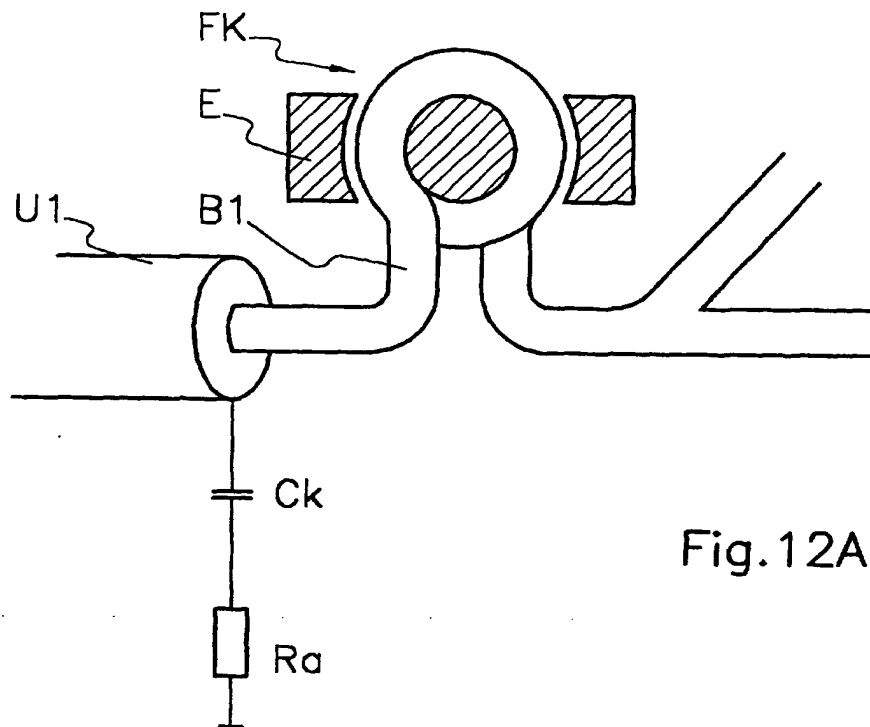


Fig.12A

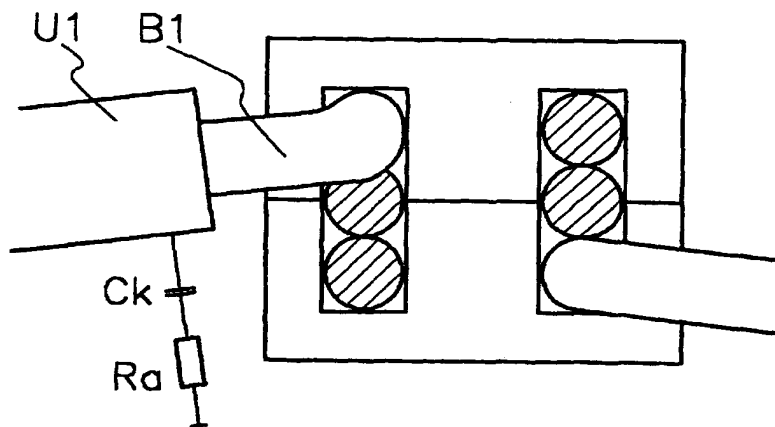


Fig.12B

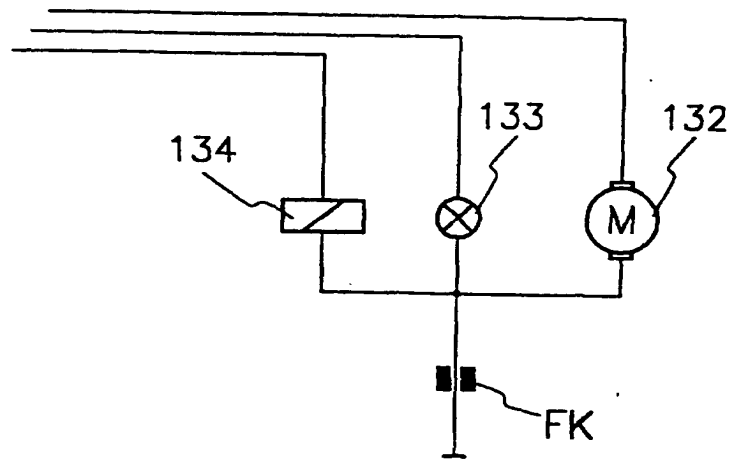


Fig.13

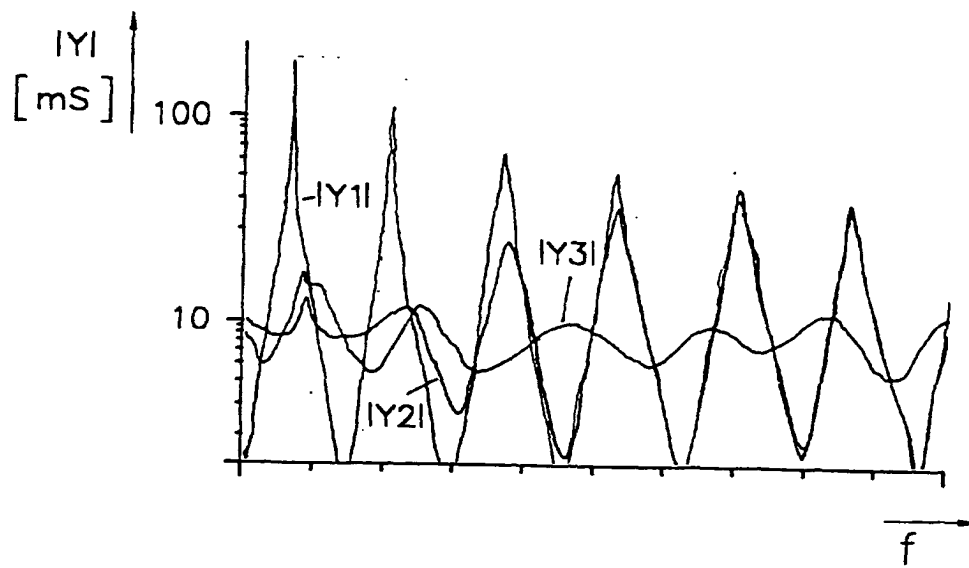


Fig.15

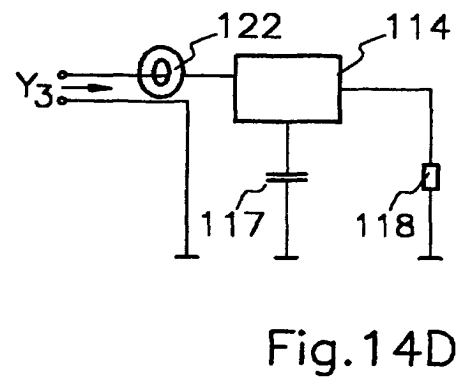
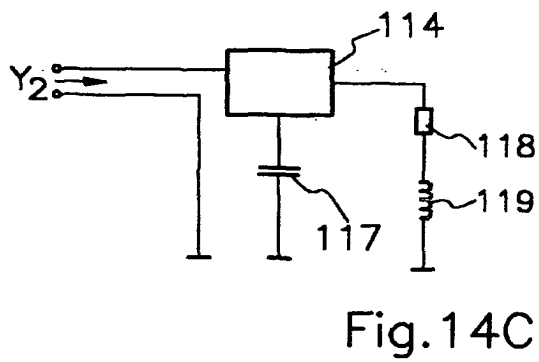
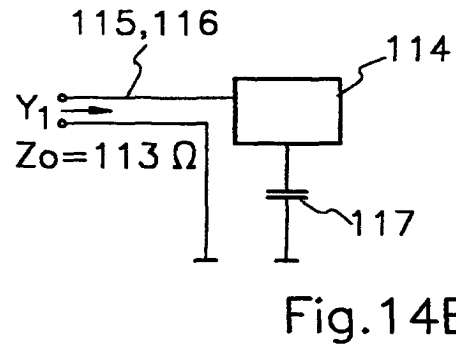
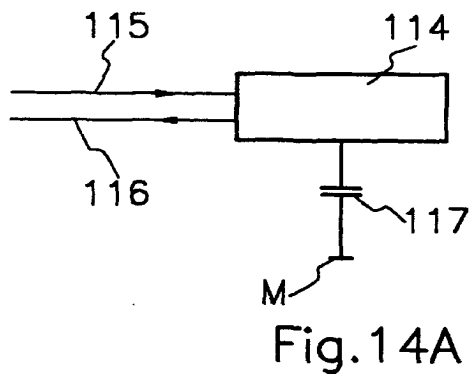


Fig. 14



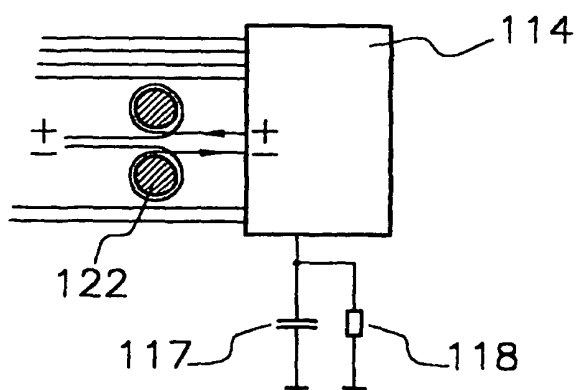


Fig.16

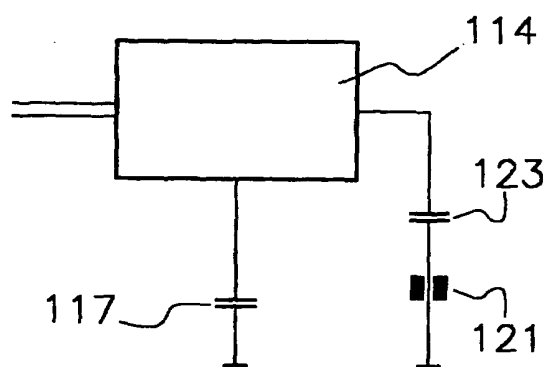


Fig.17

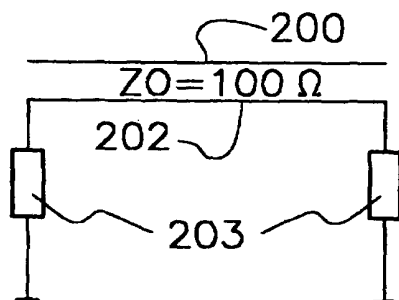


Fig.18

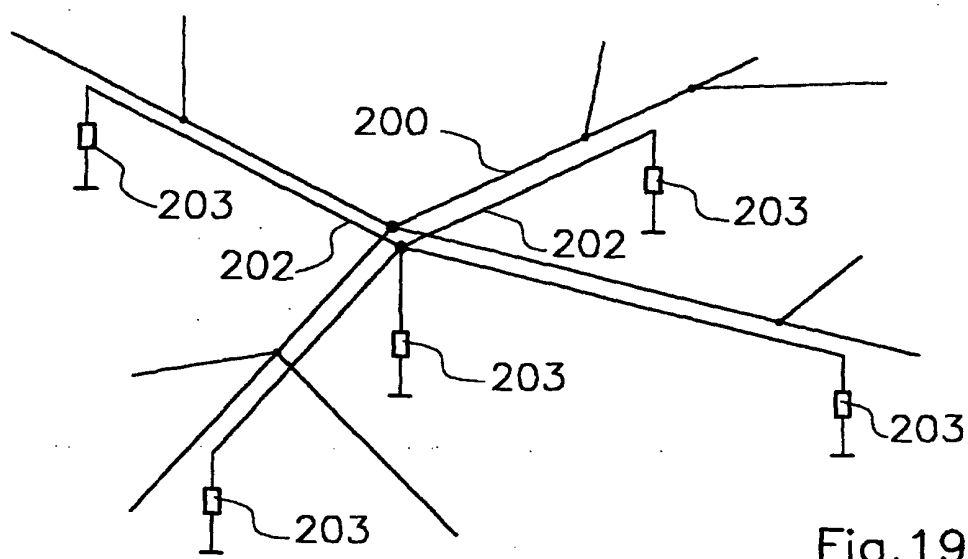


Fig. 19